

**Treatment of substrates for microelectronics or opto-electronics includes annealing in a reducing atmosphere and chemical mechanical polishing**

Patent Number: ☐ FR2797713  
Publication date: 2001-02-23  
Inventor(s): BARGE THIERRY; AGA HIROJI; TATE NAOTO; AUBERTON HERVE ANDRE  
Applicant(s): S O I TEC SILICON ON INSULATOR (FR)  
Requested Patent: ☐ WO0115215  
Application Number: FR19990010667 19990820  
Priority Number(s): FR19990010667 19990820  
IPC Classification: H01L21/306; H01L21/324; G02B6/43  
EC Classification: H01L21/324, H01L21/306, H01L21/306P, H01L21/762D8  
Equivalents: EP1208589, TW515000

---

**Abstract**

---

The free surface of an effective layer (52), preferably a semiconductor, more preferably silicon, on at least one face of the substrate (50) is subjected to annealing (100) in a reducing atmosphere of hydrogen and argon before chemical mechanical polishing (200). Preferably, the layer (52) is oxidized to at least part of its thickness, followed by deoxidation of the oxidized part. Both oxidation and deoxidation is carried out before or after polishing (200). Preferably, the substrate (50) is subjected to thermal treatment, the oxidation stage being carried out before the end of each step of thermal treatment, to protect the remainder of the effective layer (52). The substrate (50) can be subjected to annealing in a reducing atmosphere after polishing (200). Preferably, the process includes implanting ions into a plate, placing the surface of the plate in intimate contact with a support substrate, and cleaving the plate at the implantation zone level, in order to transfer part of the plate onto the substrate and to form a thin layer or film on it. The thin layer or film comprises the effective layer (52), which is subsequently subjected to annealing in hydrogen and polished.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
1 mars 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 01/15215 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>:  
H01L 21/324, 21/306, 21/762, 21/18

(21) Numéro de la demande internationale:  
PCT/FR00/02330

(22) Date de dépôt international: 17 août 2000 (17.08.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:  
99/10667 20 août 1999 (20.08.1999) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US):  
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, F-38190 Bernin (FR).

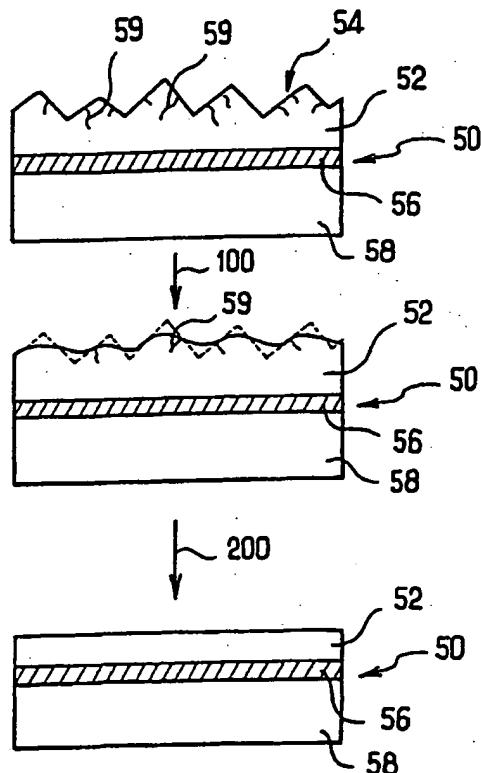
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): BARGE, Thierry [FR/FR]; 38, rue Félix Esclançon, F-38000 Grenoble (FR). AUBERTON-HERVE, André [FR/FR]; 12 ter, chemin de Jaillières, F-38240 Meylan (FR). AGA, Hiroji [JP/JP]; 3-12-37-B-115 Isobe, Annaka Gunma 379-0127 (JP). TATE, Naoto [JP/JP]; 3315-10 Itahana, Annaka Gunma 379-0111 (JP).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR TREATING SUBSTRATES FOR MICROELECTRONICS AND SUBSTRATES OBTAINED ACCORDING TO SAID METHOD

(54) Titre: PROCEDE DE TRAITEMENT DE SUBSTRATS POUR LA MICRO-ELECTRONIQUE ET SUBSTRATS OBTENUS PAR CE PROCEDE



(57) Abstract: The invention relates to a method for treating substrates (50) for microelectronics or optoelectronics, whereby said substrates comprise a useful layer (52) on at least one of the surfaces thereof. The inventive method includes a mechanical/chemical polishing step occurring on a bare surface (54) of the useful layer and is characterized in that it also comprises a post-curing step in a reductive atmosphere (100) before said polishing step occurs.

(57) Abrégé: L'invention concerne un procédé de traitement de substrats (50) pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile (52) sur au moins une de leurs faces, ce procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre (54) de la couche utile (52), caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice (100), avant l'étape de polissage (200). Elle concerne également des substrats obtenus par ce procédé.

WO 01/15215 A1



(74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet  
Regimbeau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).

Publiée:

- Avec rapport de recherche internationale.
- Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.

(81) États désignés (*national*): JP, KR, SG, US.

(84) États désignés (*régional*): brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

## PROCEDE DE TRAITEMENT DE SUBSTRATS POUR LA MICRO-ELECTRONIQUE ET SUBSTRATS OBTENUS PAR CE PROCEDE.

L'invention concerne le domaine des procédés de traitement de substrats destinés à la fabrication de composants pour la micro-électronique et/ou pour l'opto-électronique.

L'invention porte également sur les substrats obtenus par ce procédé.

Plus précisément, l'invention concerne le domaine des procédés de traitement de substrats entièrement semi-conducteurs (par exemple de silicium) ou entièrement isolants, ou bien encore constitués d'un empilement de couches semi-conductrices ou isolantes. Il peut s'agir de substrats sur lesquels est déposée une couche (par exemple épitaxiale) ou encore de substrats comprenant des structures non homogènes, tels que des substrats comprenant des composants ou des parties de composants à des niveaux plus ou moins avancés de leur élaboration.

Il existe sur une certaine profondeur à partir de la surface d'au moins une face de ces substrats, une couche de matériau entrant, au moins en partie, dans la constitution des composants réalisés sur cette face. Pour la suite, cette couche sera désignée par l'expression "couche utile".

La qualité de cette couche utile conditionne celle des composants. Des recherches sont constamment effectuées pour améliorer la qualité de cette couche utile. Ainsi, on cherche aussi bien à diminuer la rugosité de surface de cette couche utile, qu'à réduire la concentration de défauts dans l'épaisseur de celle-ci.

Il est connu que l'on peut utiliser des méthodes de polissage mécano-chimique pour réduire la rugosité de surface de la couche utile.

Il est aussi connu que l'on peut utiliser des techniques de polissage mécano-chimique pour réduire la concentration de certains défauts dans la couche utile, lorsqu'il existe un gradient de concentration de ces défauts, croissant en direction de la surface de celle-ci. Dans ce cas, le polissage mécano-chimique permet d'abraser la couche utile jusqu'aux zones, situées en profondeur par rapport à la surface initiale de la couche utile, présentant une concentration de ces défauts acceptable.

Cependant, il est aussi connu que le polissage mécano-chimique engendre une dégradation de certaines propriétés de la couche utile et une diminution de la capacité de production de substrats (FR 2 762 136 et FR 2 761 526).

5 Il a alors été proposé de remplacer le polissage mécano-chimique, en particulier lorsque la couche utile est constituée de silicium, par un recuit dans une atmosphère hydrogénée (FR 2 762 136 et FR 2 761 526). Un recuit sous atmosphère hydrogénée, de substrats comprenant une couche utile constituée de silicium, a un effet de réduction de la rugosité de surface, en particulier par  
10 reconstruction de la surface de silicium, ainsi qu'un rôle de guérison de certains défauts cristallins.

Un but de l'invention est d'améliorer encore la qualité de la couche utile.

Ce but est atteint, selon l'invention, grâce à un procédé de traitement de substrats pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une  
15 couche utile sur au moins une de leurs faces, ce procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre de la couche utile, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice, avant l'étape de polissage.

Il est bien connu que le polissage mécano-chimique engendre certains  
20 défauts dans le matériau sous-jacent à la surface polie et est susceptible de provoquer des inhomogénéités d'épaisseur des substrats, et de la couche utile en particulier.

Cependant, et de manière surprenante, le déposant a pu constater qu'en faisant précéder l'étape de polissage mécano-chimique, par un recuit sous  
25 atmosphère réductrice, on pouvait à la fois améliorer la qualité de la couche utile de manière plus efficace qu'avec un simple polissage ou un simple recuit, mais aussi que l'on évitait en grande partie les effets néfastes d'un simple polissage mécano-chimique. En effet, le recuit sous atmosphère réductrice a déjà commencé à lisser la surface de la couche utile. Le temps de polissage  
30 nécessaire pour obtenir une rugosité satisfaisante est donc réduit. De ce fait, le procédé selon l'invention permet d'augmenter les capacités de production. En outre, la réduction du temps de polissage limite les effets négatifs du polissage,

tels que ceux cités ci-dessus, ou encore la perte d'uniformité d'épaisseur qui intervient généralement lorsque le polissage est long.

Ainsi, la qualité, en termes de rugosité de la couche utile, après mise en œuvre du procédé selon l'invention, est particulièrement intéressante.

5 Les mesures de la rugosité sont généralement effectuées grâce à un microscope à force atomique. Avec ce type d'appareil, la rugosité est mesurée sur des surfaces balayées par la pointe du microscope à force atomique, allant de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  à  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  et plus rarement  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ , voire  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ . La rugosité peut être caractérisée, en particulier, selon deux modalités. Selon l'une  
10 de ces modalités, la rugosité est dite à hautes fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ . Selon l'autre de ces modalités, la rugosité est dite à basses fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ , ou plus.

Un polissage mécano-chimique et un recuit sous atmosphère réductrice  
15 se distinguent par leurs effets sur des plages de fréquences différentes. Ainsi, un recuit sous atmosphère réductrice favorise un lissage de la rugosité à hautes fréquences, mais est moins efficace pour réduire les ondulations, qui sont plutôt de basses fréquences. Tandis qu'un polissage mécano-chimique permet aussi d'améliorer la rugosité à basses fréquences.

20 Grâce au procédé selon l'invention, on peut obtenir une faible rugosité à hautes fréquences, grâce au recuit sous atmosphère réductrice, ainsi que de faibles ondulations, c'est à dire un type de rugosité à basses fréquences, grâce au polissage. Or, une faible rugosité à hautes fréquences est primordiale pour obtenir de bons oxydes de grille, et une faible ondulation (rugosité à basses  
25 fréquences) est intéressante lorsque l'on souhaite coller un autre substrat sur la surface libre de la couche utile.

En plus de son effet sur la rugosité, le procédé selon l'invention permet de réduire la concentration de certains défauts dans la couche utile. En effet, le recuit sous atmosphère réductrice permet de commencer à reconstruire la  
30 surface de la couche utile et de guérir certains défauts dans l'épaisseur de la couche utile. Cependant, cette guérison peut n'être que partielle. Mais, le polissage mécano-chimique, si on le poursuit suffisamment, permet un

enlèvement de la matière comportant une grande partie des défauts situés au voisinage de la surface libre de la couche utile et dans l'épaisseur de cette couche utile. Le procédé selon l'invention est donc particulièrement avantageux, lorsqu'il existe un gradient de concentration croissant en direction  
5 de la surface libre de la couche utile, et une forte concentration de défauts au voisinage de cette surface. L'effet combiné de la guérison des défauts, par le recuit sous atmosphère réductrice, et de l'enlèvement de matière, par le polissage, permet de retirer particulièrement efficacement les défauts au voisinage de la surface libre de la couche utile.

10 Grâce au procédé selon l'invention, on obtient donc un substrat avec une couche utile dont la qualité est suffisante et compatible avec l'utilisation de cette couche utile dans des applications en micro- ou opto-électronique.

Avantageusement, l'atmosphère réductrice comprend de l'hydrogène. Préférentiellement, cette l'atmosphère réductrice comprend en outre de l'argon.

15 Ainsi, l'atmosphère réductrice peut être composée d'hydrogène à 100%. Mais avantageusement, l'atmosphère réductrice est composée d'un mélange d'hydrogène et d'argon. Ce mélange est préférentiellement dans un rapport  $H_2/Ar$  de 20/80 ou de 25/75. Avec des rapports de ce type, l'hydrogène est en concentration suffisante pour être significative, mais grâce à l'argon, le mélange  
20 est meilleur conducteur thermique. L'amélioration des propriétés de conduction thermique du mélange permet de réduire les contraintes thermiques sur le substrat. Il en résulte une plus faible génération de défauts de type bandes de glissement. Ce type de mélange est également moins agressif, il en résulte une attaque moins sélective de certains défauts.

25 Avantageusement aussi, le procédé selon l'invention comporte en outre, une étape d'oxydation sacrificielle. Cette étape d'oxydation sacrificielle comporte une étape d'oxydation de la couche utile sur au moins une partie de son épaisseur et une étape de désoxydation de cette partie oxydée. Les étapes d'oxydation et de désoxydation peuvent être menées subséquentement à l'étape  
30 de polissage et/ou précédemment à celle-ci.

Une étape d'oxydation sacrificielle est avantageusement mise en œuvre pour améliorer la qualité d'une couche utile, que le matériau constitutif de cette

couche utile soit un matériau facilement oxydable ou un matériau peu oxydable. Dans la suite, et en particulier dans les revendications, on considérera une étape d'oxydation sacrificielle réalisable, que le matériau de la couche utile soit facilement oxydable ou peu oxydable.

5           Chacune des étapes de polissage et d'oxydation sacrificielle participe au retrait de la partie de la couche utile comportant une concentration de défauts trop importante. Mais une étape d'oxydation sacrificielle, subséquente à l'étape de polissage, participe plus spécifiquement à la suppression des défauts superficiels générés par l'étape de polissage.

10           Une étape d'oxydation sacrificielle permet en outre de limiter d'autres effets néfastes du polissage. En effet, si l'on part d'une couche de défauts relativement épaisse, il faut un long polissage pour l'ôter. Or un long polissage abouti généralement à un manque d'uniformité en épaisseur. Cet inconvénient est d'autant plus critique que l'épaisseur de matériau à enlever est importante  
15 et donc que l'étape de polissage est longue. De plus, de longs polissages ralentissent l'exécution du procédé et induisent une limitation à la capacité de production. En introduisant une étape d'oxydation sacrificielle dans le procédé selon l'invention, on évite ces inconvénients en limitant le polissage essentiellement à ce qui est nécessaire pour réduire la rugosité, l'étape  
20 d'oxydation sacrificielle contribuant de manière non négligeable à retirer la partie de la couche utile comportant une forte concentration de défauts. De plus en réduisant le polissage nécessaire, les défauts engendrés par celui-ci peuvent être développés à moins grande échelle.

Avantageusement encore, le procédé selon l'invention comporte au  
25 moins une étape de traitement thermique, l'étape d'oxydation de la couche utile étant réalisée avant la fin de chacune de ces étapes de traitement thermique, pour protéger le reste de la couche utile. Dans ces conditions, le traitement thermique permet aussi de guérir, au moins en partie, les défauts générés au cours de l'étape d'oxydation.

30           Avantageusement encore, le procédé selon l'invention comporte en outre une étape de recuit sous atmosphère réductrice subséquente à l'étape de polissage.



Avantageusement encore, le procédé selon l'invention comprend une étape d'implantation d'atomes sous une face d'une plaque, dans une zone d'implantation, une étape de mise en contact intime de la face de la plaque, ayant subi l'implantation, avec un substrat support et une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer une partie de la plaque sur le substrat support et former un film mince ou une couche mince sur celui-ci, ce film mince ou cette couche mince, constituant la couche utile subissant ensuite les étapes de recuit hydrogéné et de polissage.

Avantageusement encore, le procédé selon l'invention est mis en œuvre sur un substrat comportant une couche utile constituée d'un matériau semi-conducteur. Ce matériau semi-conducteur est par exemple du silicium.

Avantageusement encore, et en particulier si la couche utile est constituée par du silicium, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice, est réalisée, suivant un mode opératoire connu et décrit par exemple dans le document FR 2 761 526. Selon ce mode opératoire, on recuit le substrat à une température comprise entre environ 1050°C et 1350°C, pendant quelques dizaines de secondes à quelques dizaines de minutes, sous une atmosphère hydrogénée.

Suivant une autre variante avantageuse du procédé selon l'invention, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice, est réalisée, suivant un autre mode opératoire connu et décrit par exemple dans le document EP 917 188. Selon cet autre mode opératoire, on recuit le substrat, sous atmosphère hydrogénée, à une température comprise entre environ 1100°C et 1300°C, pendant moins de trois minutes, préférentiellement en moins de 60 secondes et plus préférentiellement encore pendant moins de trente secondes. Cet autre mode opératoire correspond à un recuit rapide, aussi appelé recuit RTA (RTA étant l'acronyme de l'expression anglo-saxonne Rapid Thermal Annealing).

Le recuit peut être effectué à température constante, à température variable, avec des paliers de température, ou une combinaison de paliers et de plages variables.

Suivant encore une autre variante avantageuse du procédé selon l'invention, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice, est réalisée, suivant

un autre mode opératoire connu et décrit par exemple dans le document FR 2 761 526. Selon cet autre mode opératoire, on recuit le substrat dans un appareil produisant un plasma d'hydrogène. L'avantage de ce type de recuit réside dans le fait que la température de recuit est basse. Typiquement, cette  
5 température est située dans une plage allant de la température ambiante à 600°C environ.

Avec une couche utile constituée de silicium, que l'étape de recuit sous atmosphère hydrogénée soit effectuée selon un recuit long, un recuit dans un plasma d'hydrogène ou qu'elle le soit selon un recuit de type RTA, elle a  
10 plusieurs effets. Ces effets sont :

- une désintégration de l'oxyde natif en surface de la couche utile ;
- une gravure du silicium ( $\text{SiH}_2$  et  $\text{SiH}_4$  étant volatils), menant à une réduction de l'épaisseur moyenne de la couche utile ;
- une guérison de certains défauts par dissolution des précipités  
15 d'oxygène et autres parois d'oxydes, susceptibles de jouer un rôle stabilisant sur certains défauts cristallins ; mais aussi
- un lissage et une diminution de la rugosité de la surface de la couche utile, avec apparition de terrasses à l'échelle atomique.

En particulier, la désintégration des oxydes de silicium par l'hydrogène  
20 facilite grandement la réorganisation des atomes de silicium.

En surface en particulier, les atomes de silicium, activés par le recuit sous atmosphère hydrogénée, migrent en surface jusqu'à ce qu'ils se trouvent dans une configuration énergétique correspondant à une stabilité accrue. Ainsi les atomes de silicium se trouvant sur des excroissances tendent à migrer dans  
25 des cavités. C'est ainsi que l'étape de recuit sous atmosphère hydrogénée tend à réduire la rugosité de surface.

En ce qui concerne la guérison de certains défauts, l'effet de dissolution des précipités d'oxygène et autres parois d'oxyde, est particulièrement intéressant dans le cas des défauts appelés « COPs » (de l'acronyme de  
30 l'expression anglo-saxonne Crystal Originated Particles). Ces défauts « COPs » sont des amas de lacunes, dont la taille est de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers d'angströms et dont les parois orientées, selon des plans

Cinq modes de mise en œuvre du procédé conforme à la présente invention sont décrits ci-dessous, à titre d'exemples, de manière détaillée.

Ces cinq modes de mise en œuvre sont illustrés ci-dessous, à titre d'exemple, mais sans que cela soit limitatif, dans le cadre de la fabrication de  
5 substrats de silicium sur isolant. Les substrats de silicium sur isolant sont aussi appelés substrats SOI (SOI étant l'acronyme de l'expression anglo-saxonne « Silicon On Insulator »).

Dans ce cadre, le procédé selon l'invention trouve une application particulièrement intéressante, dans la fabrication de substrats SOI par un type  
10 particulier de procédés, appelés procédés SMART-CUT®.

Une manière particulière de mettre en œuvre un procédé SMART-CUT® est décrite dans le brevet FR 2 681 472.

Dans le cadre de la fabrication de substrats SOI, un procédé SMART-CUT® permet de réaliser des substrats comportant une couche utile  
15 constituée de silicium sur une de leur face, cette couche de silicium reposant sur une couche d'isolant, aussi appelée couche d'oxyde enterré 56.

Selon l'une de ses variantes, le procédé SMART-CUT® comporte:

- une étape d'implantation d'atomes, sous une face d'une plaque de semi-conducteur, dans une zone d'implantation ;
- 20 - une étape de mise en contact intime de la plaque soumise à l'implantation, avec un substrat support; et
- une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer la partie de la plaque située entre la surface soumise à l'implantation et la zone d'implantation, sur ledit substrat support  
25 et former un film mince, ou une couche, de silicium sur celui-ci.

Par implantation d'atomes, on entend tout bombardement d'espèces atomiques ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces dans ce matériau, ce maximum étant situé à une profondeur déterminée par rapport à la surface  
30 bombardée. Les espèces atomiques ou ioniques sont introduites dans le matériau avec une énergie également distribuée autour d'un maximum.

L'implantation des espèces atomiques dans le matériau peut être réalisée grâce à un implanteur par faisceau d'ions, un implanteur par immersion dans un plasma, etc.

Par clivage, on entend toute fracture du matériau implanté au niveau du maximum de concentration, dans ce matériau, des espèces implantées ou au voisinage de ce maximum. Cette fracture n'intervient pas nécessairement selon un plan cristallographique du matériau implanté.

Plusieurs manières peuvent être envisagées pour réaliser un substrat SOI, selon le procédé SMART-CUT®.

10 Selon une première manière, on recouvre une plaque de silicium sur sa face d'implantation, d'une couche d'oxyde isolant (par exemple par oxydation du silicium), et on utilise un substrat support, par exemple aussi en silicium, pour le transfert.

15 Selon une deuxième manière, on transfère une couche complètement semi-conductrice (en silicium), soit sur un substrat support recouvert d'une couche d'isolant, soit sur un substrat support complètement isolant (par exemple en quartz).

20 Selon une troisième manière, on transfère une couche recouverte d'une couche d'isolant, soit sur un substrat support recouvert également d'isolant, soit sur un substrat support complètement isolant.

Après clivage et transfert, on obtient dans tous les cas, un substrat 50 SOI avec une couche transférée sur une face du substrat support, la surface libre de cette couche correspondant à une surface de clivage. Après clivage, le substrat 50 est dépoussiéré, nettoyé et rincé selon les techniques habituelles  
25 utilisées en micro-électronique.

Il est alors avantageux d'utiliser le procédé selon l'invention, pour réduire la rugosité de ladite surface libre et la densité de défauts dans la couche transférée.

Selon le procédé conforme à la présente invention, le substrat 50 SOI  
30 subit une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100 et une étape de polissage 200.

Pour tous les modes de mise en œuvre décrits ci-dessous, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice est réalisée selon le mode opératoire RTA décrit ci-dessus.

Un exemple de chambre destinée à la mise en œuvre d'une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, selon le mode opératoire RTA, est illustré par la figure 1.

Cette chambre 1 comporte une enceinte 2, un réacteur 4, un plateau porte-substrat 6, deux réseaux de lampes halogène 8, 10 et deux paires de lampes latérales.

L'enceinte 2 comporte en particulier une paroi inférieure 12, une paroi supérieure 14 et deux parois latérales 16, 18, situées respectivement aux extrémités longitudinales de l'enceinte 2. L'une des parois latérales 16, 18 comporte une porte 20.

Le réacteur 4 est constitué d'un tube de quartz s'étendant longitudinalement entre les deux parois latérales 16, 18. Il est muni au niveau de chacune de ces parois latérales 16, 18, respectivement d'une entrée de gaz 21 et d'une sortie de gaz 22. La sortie de gaz 22 est située du côté de la paroi latérale 18 comportant la porte 20.

Chaque réseau de lampes halogène 8, 10 est situé respectivement au-dessus et en-dessous du réacteur 4, entre celui-ci et les parois inférieure 12 et supérieure 14. Chaque réseau de lampes halogène 8, 10 comporte 17 lampes 26 disposées perpendiculairement à l'axe longitudinal du réacteur 4. Les deux paires de lampes latérales (non représentées sur la figure 1) sont situées parallèlement à l'axe longitudinal du réacteur 4, chacune d'un côté de celui-ci, globalement aux extrémités longitudinales des lampes 26 des réseaux de lampes halogène 8, 10.

Le plateau porte-substrat 6 coulisse dans le réacteur 4. Il supporte les substrats 50 destinés à subir l'étape de recuit sous atmosphère hydrogénée 100 et permet de les rentrer ou les sortir de la chambre 1.

Une chambre 1 de ce type est commercialisée par STEAG®, sous le nom « SHS AST 2800 ».

Les cinq modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention, décrits ci-dessous, sont appliqués au traitement de substrats 50 SOI comportant une couche utile 52 ayant elle même une surface libre 54. Cette surface libre 54 est une surface de clivage obtenue, comme décrit ci-dessus, par la mise en œuvre d'un procédé SMART-CUT®. Sous la couche utile 52, le substrat 50 comporte une couche d'oxyde enterré 56. Sous la couche d'oxyde enterré 56, le substrat 50 comporte un substrat support 58.

Les paramètres donnés pour les cinq modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention, qui vont être décrits ci-dessous, correspondent à des applications dites « produits fins ». Ces « produits fins » sont des substrats SOI dont la couche de silicium sur isolant, c'est à dire la couche utile 52, fait environ 2000 Å d'épaisseur, tandis que la couche d'isolant enterré 56, fait environ 4000 Å d'épaisseur. Pour réaliser des substrats SOI ayant une couche utile 52 et/ou une couche d'oxyde enterré plus épaisse(s), on procédera à une implantation à plus haute énergie, pour que la couche d'espèces atomiques implantées soit située plus profondément par rapport à la surface bombardée. Dans ce cas il faudra aussi tenir compte du fait que plus les espèces atomiques sont implantées profond, plus il sera nécessaire de retirer de la matière après clivage, pour retrouver une concentration de défauts dans la couche utile 52, acceptable. En effet, plus les espèces atomiques sont implantées profondément, plus la largeur de la zone défectueuse augmente.

Selon le premier mode de mise en œuvre, représenté sur la figure 2, un substrat 50 est soumis, après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus et un nettoyage, à une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, puis à une étape de polissage mécano-chimique 200.

Avant ces deux étapes, la concentration de défauts 59 de la couche utile 52, au voisinage de la surface libre 54, et la rugosité de cette dernière ne sont pas satisfaisantes.

L'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100 est réalisée selon le mode opératoire du type RTA décrit plus haut.

L'étape de recuit sous atmosphère réductrice consiste à :

- disposer le substrat 50 dans une chambre 1 telle que celle décrite ci-dessus, celle-ci étant froide au moment de l'introduction du substrat 50 ;
- introduire, à une pression égale à, ou voisine de, la pression atmosphérique, un mélange d'hydrogène et d'argon, dans des proportions en volume de 25% d'hydrogène pour 75% d'argon ;
- faire croître, en allumant les lampes halogène 26, la température dans la chambre 1, à une vitesse de l'ordre de 50°C par seconde, jusqu'à une température de traitement ;
- maintenir le substrat 50 dans la chambre 1, pendant 20 secondes, à la température de traitement, cette température de traitement étant avantageusement choisie entre 1200 et 1230 °C, et étant préférentiellement égale à 1230°C ; et
- éteindre les lampes halogène 26 et refroidir, par circulation d'air, le substrat 50, à une vitesse de plusieurs dizaines de degrés centigrades par secondes et variant selon la gamme de température .

Dans ces conditions, avec des rampes de chauffage et de refroidissement rapides, et un palier court, ce recuit sous atmosphère réductrice 100 a réduit la rugosité, sans pratiquement retirer de matière. L'épaisseur de matériau retirée est inférieure à 20 Å. La réduction de la rugosité a été essentiellement réalisée par reconstruction de surface et lissage et non pas par gravure. En outre, les défauts 59 cristallins du silicium de la couche utile 52, générés au cours de l'implantation et du clivage, ont au moins en partie été guéris par ce recuit sous atmosphère réductrice 100. La concentration de ces défauts 59, dans la couche utile 52, a donc diminué. En conséquence, l'épaisseur de couche utile 52, sur laquelle la concentration de défauts 59 est trop importante pour être acceptable, est réduite. De plus, le fait d'opérer ce recuit sous atmosphère réductrice 100, selon le mode opératoire RTA, permet d'éviter la propagation de l'attaque de certains défauts jusqu'à la couche d'oxyde enterré 56.

L'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100 décrite ci-dessus offre de nombreux autres avantages. Elle est facilement compatible avec une grande

capacité de production de substrats 50, est d'utilisation aisée, peut être mise en œuvre avec des équipements déjà existants, etc.

La rugosité est généralement exprimée soit en terme d'écart entre la hauteur minimum et la hauteur maximum mesurée au cours du balayage de la surface dont la rugosité est mesurée, soit par une valeur quadratique moyenne, dite rms (de l'expression anglo-saxonne « root mean square »). L'écart entre hauteurs minimum et maximum sera désignée ci-dessous par « P-V » (de l'expression anglo-saxonne « Peak-Valley »).

Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, la rugosité mesurée lors d'un balayage d'une surface de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ , est réduite de 50 à 1-1,5 Å rms (c'est à dire d'une valeur supérieure à 500 Å à 20 Å environ, en valeur P-V), et la rugosité mesurée lors d'un balayage d'une surface de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ , est réduite de 50 à 5-15 Å rms (c'est à dire d'une valeur supérieure à 500 Å à 40-50 Å en valeur P-V).

L'étape de polissage 200 est réalisée par un polissage mécano-chimique classique, connu de l'homme du métier. Partant d'une surface déjà bien lissée par l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, une étape de polissage 200 sur une épaisseur de 200 à 400 Å seulement, est suffisante pour ramener la rugosité, et plus particulièrement celle à basses fréquences, à une valeur satisfaisante. Typiquement, la rugosité après polissage est de l'ordre de 0,8 à 1,5 Å rms, si cette mesure est réalisée au cours du balayage d'une surface de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  ou de l'ordre de 1 à 2 Å rms, si cette mesure est réalisée au cours du balayage d'une surface de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ .

Cette étape de polissage 200 permet en outre de retirer la matière de la couche utile 52, située à proximité de la surface libre 54 et comportant des défauts 59.

Le deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est représenté sur la figure 3. A titre d'exemple, comme précédemment, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus et un nettoyage.

Selon ce deuxième mode de mise en œuvre, le substrat 50 est soumis à une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100A, puis à une étape de



polissage mécano-chimique 200A, et enfin à une étape d'oxydation sacrificielle 300A combinée à un traitement thermique 320A.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 100A et de polissage mécano-chimique 200A de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles  
5 décrites pour le premier mode de mise en œuvre.

L'étape d'oxydation sacrificielle 300A est destinée à retirer les défauts 59 restant après l'étape de polissage 200A. Ces défauts 59 peuvent provenir de l'implantation, du clivage, ou avoir été générés pendant l'étape de polissage 200A, etc.

10 L'étape d'oxydation sacrificielle 300A se décompose en une étape d'oxydation 310A et une étape de désoxydation 330A. Le traitement thermique 320A est intercalé entre l'étape d'oxydation 310A et l'étape de désoxydation 330A.

L'étape d'oxydation 310A est préférentiellement réalisée à une  
15 température comprise entre 700°C et 1100°C. L'étape d'oxydation 310A peut être réalisée par voie sèche ou par voie humide. Par voie sèche, l'étape d'oxydation 310A est, par exemple, menée en chauffant le substrat 50 sous oxygène gazeux. Par voie humide, l'étape d'oxydation 310A est, par exemple, menée en chauffant le substrat 50 dans une atmosphère chargée en vapeur  
20 d'eau. Par voie sèche ou par voie humide, selon des procédés classiques connus de l'homme du métier, l'atmosphère d'oxydation peut aussi être chargée en acide chlorhydrique.

L'étape d'oxydation 310A aboutit à la formation d'un oxyde 60.

L'étape de traitement thermique 320A est réalisée par toute opération  
25 thermique destinée à améliorer les qualités du matériau constitutif de la couche utile 52. Ce traitement thermique 320A peut être effectué à température constante ou à température variable. Dans ce dernier cas, le traitement thermique 320A est réalisé, par exemple, avec une augmentation progressive de la température entre deux valeurs, ou avec une oscillation cyclique entre  
30 deux valeurs, etc.

Préférentiellement, l'étape de traitement thermique 320A est effectué au moins en partie à une température supérieur à 1000°C, et plus particulièrement vers 1100-1200°C.

Préférentiellement, l'étape de traitement thermique 320A est effectuée sous atmosphère non oxydante. L'atmosphère du traitement thermique 320A peut comprendre de l'argon, de l'azote, de l'hydrogène, etc., ou encore un mélange de ces gaz. Le traitement thermique 320A peut également être réalisé sous vide.

Préférentiellement aussi, l'étape d'oxydation 310A est réalisée avant l'étape de traitement thermique 320A. De cette manière, l'oxyde 60 protège le reste de la couche utile pendant le traitement thermique 320A et évite le phénomène de piquage. Le phénomène de piquage est bien connu de l'homme du métier qui le nomme aussi « pitting ». Il se produit à la surface de certains semi-conducteurs lorsque ceux-ci sont recuits sous atmosphère non oxydante, telle que l'azote, l'argon, sous vide, etc. Il se produit dans le cas du silicium en particulier lorsque celui-ci est à nu, c'est à dire lorsqu'il n'est pas du tout recouvert d'oxyde.

Selon une variante avantageuse, l'étape d'oxydation 310A débute avec le début de la montée en température du traitement thermique 320A et se termine avant la fin de ce dernier.

Le traitement thermique 320A permet de guérir, au moins en partie, les défauts générés au cours des étapes précédentes du procédé de fabrication et de traitement du substrat 50. Plus particulièrement, le traitement thermique 320A peut être effectué pendant une durée et à une température telles que l'on réalise par celui-ci une guérison de défauts cristallins, tels que des fautes d'empilement, des défauts « HF », etc., engendrés dans la couche utile 52, au cours de l'étape d'oxydation 310A. On appelle défaut « HF », un défaut dont la présence est révélée par une auréole de décoration dans l'oxyde enterré 56, après traitement du substrat 50 dans un bain d'acide fluorhydrique.

Le traitement thermique 320A présente en outre l'avantage de renforcer l'interface de collage, par exemple entre la couche transférée lors du transfert par le procédé SMART-CUT® et le substrat support 58.

L'étape de désoxydation 330A est préférentiellement réalisée en solution. Cette solution est par exemple une solution d'acide fluorhydrique à 10 ou 20%. Quelques minutes suffisent pour enlever mille à quelques milliers d'angströms d'oxyde 60, en plongeant le substrat 50 dans une telle solution.

5 Au cours de ce deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on retirera :

- moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100,
- 300 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200, et
- 10 - 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape d'oxydation sacrificielle 300.

L'épaisseur totale de couche utile 52, retirée au cours du procédé selon l'invention, dans ce deuxième mode de mise en œuvre, est égale à 950 Å environ. D'une manière générale, le deuxième mode de mise en œuvre du

15 procédé selon l'invention permettra avantageusement de retirer 800 à 1100 Å.

Le tableau 1 regroupe les rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500/1000*	50/100*	500/1000*	50/100*
Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100	10/30	1-1,5	40-50	5-15
Après l'étape de polissage 200	10	0,8-1,5	10	1-2
Après l'étape d'oxydation sacrificielle 300	10	0,8-1,5	10	1-2

\* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne

20 peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

Tableau 1 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Le troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est représenté sur la figure 4. A titre d'exemple, et comme pour les modes de mise en œuvre précédents, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus et un nettoyage.

- 5       Après l'étape de clivage et un nettoyage, le substrat 50 est soumis à :
- une première étape d'oxydation sacrificielle 301B combinée à un traitement thermique 321B,
  - une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100B,
  - une étape de polissage mécano-chimique 200B, et
  - 10      - une deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302B combinée à un traitement thermique 322B.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 100B et de polissage mécano-chimique 200B de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles décrites pour le premier mode de mise en œuvre décrit ci-dessus.

- 15       Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301B, 302B, se décomposent, comme l'étape d'oxydation sacrificielle 300A décrite ci-dessus, en une étape d'oxydation 311B, 312B et une étape de désoxydation 331B, 332B. Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301B, 302B, ainsi que les étapes de traitement thermique 321B, 322B, sont analogues à
- 20      celles déjà décrites pour le deuxième mode de mise en œuvre, décrit ci-dessus, du procédé conforme à la présente invention.

Au cours de ce troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on retirera :

- 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la première étape
- 25      d'oxydation sacrificielle 301B,
- moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100B,
- 300 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200B, et
- 30      - 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302B.

L'épaisseur totale de couche utile, retirée au cours du procédé selon l'invention, dans ce troisième mode de mise en œuvre, est égale à 1600 Å environ.

Le tableau 2 regroupe les rugosités mesurées à l'issu des différentes étapes du deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500-1000*	50-100*	500-1000*	50-100*
Après la première étape d'oxydation sacrificielle 301B	250-500	25-50	300-600	30-60
Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100B	20	1-1,5	40-50	5-10
Après l'étape de polissage 200B	10	0,8-1,5	10	1-2
Après la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302B	10	0,8-1,5	10	1-2

\* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

**Tableau 2 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.**

10

Le quatrième mode de mise en œuvre est représenté sur la figure 5. A titre d'exemple, et comme pour les modes de mise en œuvre précédents, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus.

15

Après l'étape de clivage et un nettoyage, le substrat 50 est soumis à :

- une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100C,
- une première étape d'oxydation sacrificielle 301C combinée à un traitement thermique 321C,
- une étape de polissage mécano-chimique 200C, et

– une deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302C combinée à un traitement thermique 322C.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 100C et de polissage mécano-chimique 200C de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles  
5 décrites pour le premier mode de mise en œuvre décrit ci-dessus.

Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301C, 302C, se décomposent, comme l'étape d'oxydation sacrificielle 300A décrite ci-dessus, en une étape d'oxydation 311C, 312C et une étape de désoxydation 331C, 332C.

10 Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301C, 302C, ainsi que les étapes de traitement thermique 321C, 322C, sont analogues à celles déjà décrites pour le deuxième mode de mise en œuvre, décrit ci-dessus, du procédé conforme à la présente invention.

Au cours de ce quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon  
15 l'invention, on retirera :

– moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100C,

– 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la première étape d'oxydation sacrificielle 301C,

20 – 300 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200C, et

– 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302C.

L'épaisseur totale de couche utile 52, retirée au cours du procédé selon  
25 l'invention, dans ce quatrième mode de mise en œuvre, est égale à 1600 Å environ.

Le tableau 3 regroupe les rugosités mesurées à l'issu des différentes étapes du quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500-1000*	50-100*	500-1000*	50-100*
Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100C	10-30	1-1,5	40-50	5-15
Après la première étape d'oxydation sacrificielle 301C	10-30	1-1,5	40-50	5-15
Après l'étape de polissage 200C	10	0,8-1,5	10	1-2
Après la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302C	10	0,8-1,5	10	1-2

\* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

**Tableau 3 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.**

5 Le cinquième mode de mise en œuvre est représenté sur la figure 6. A titre d'exemple, et comme pour les modes de mise en œuvre précédents, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus.

Après l'étape de clivage et un nettoyage, le substrat 50 est soumis à :

- 10
- une première étape de recuit sous atmosphère réductrice 101D,
  - une étape de polissage mécano-chimique 200D, et
  - une deuxième étape de recuit sous atmosphère réductrice 102D.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 101D, 102D et de polissage mécano-chimique 200D de ce mode de mise en œuvre sont  
15 identiques à celles décrites pour le premier mode de mise en œuvre.

Au cours de ce cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on retirera :

- moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la première étape de recuit sous atmosphère réductrice 101D,

– 400 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étap de polissage 200D, et

– moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la deuxième étape de recuit sous atmosphère réductrice 102D,

5 L'épaisseur totale de couche utile 52, retirée au cours du procédé selon l'invention, dans ce cinquième mode de mise en œuvre, est égale à 400Å environ.

Suivant une variante de ce cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, il peut être intercalé, dans le cinquième mode de mise en œuvre décrit ci-dessus, un traitement thermique tel que ceux déjà  
10 décrits ou encore une oxydation sacrificielle combinée avec un traitement thermique, telle que celles également décrites ci-dessus.

Le tableau 4 regroupe les rugosités mesurées à l'issu des différentes étapes du cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500-1000*	50-100*	500-1000*	50-100*
Après la première étape de recuit sous atmosphère réductrice 101D	10-30	1-1,5	40-50	5-15
Après l'étape de polissage 200D	10	0,8-1,5	10	1-2
Après la deuxième étape de recuit sous atmosphère réductrice 102D	10	0,8-1,5	10	1-2

15 \* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

Tableau 4 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

20 Ce cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est particulièrement intéressant lorsque la rugosité de surface après clivage est



réduite. C'est le cas notamment lorsque l'on a réalisé l'implantation avec plusieurs énergies (FR 2 774 510) et/ou avec plusieurs espèces atomiques ou bien encore lorsque le clivage est assisté par des contraintes mécaniques (FR 2 748 851).

## REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de substrats (50) pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile (52) sur au moins une de leurs  
5 faces, ce procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre (54) de la couche utile (52), caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D), avant l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de  
10 recuit sous atmosphère réductrice est réalisée en moins de trois minutes, préférentiellement en moins de soixante secondes et plus préférentiellement encore en moins de trente secondes.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de recuit sous atmosphère réductrice est réalisée à une  
15 température comprise entre 1100° C et 1300°C, et préférentiellement entre 1200°C et 1230°C.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, subséquemment à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D), une étape d'oxydation (310A, 312B, 312C) de la couche  
20 utile (52) sur au moins une partie de son épaisseur.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, précédemment à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D), une étape d'oxydation (311B, 311C) de la couche utile (52) sur au moins une partie de son épaisseur.

25 6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins une étape de désoxydation (330A, 331B, 332B, 331C, 332C).

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins une étape de traitement thermique (320A, 321B, 322B, 321C, 322C), l'étape d'oxydation de la couche utile (52) étant réalisée  
30 avant la fin de chaque étape de traitement thermique (320A, 321B, 322B, 321C, 322C), pour protéger le reste de la couche utile (52).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de recuit sous atmosphère réductrice (102D) subséquente à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'implantation d'atomes sous une face d'une plaque, dans une zone d'implantation, une étape de mise en contact intime de la face de la plaque, ayant subi l'implantation avec un substrat support et une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer une partie de la plaque sur le substrat support et former un film mince ou une couche mince sur celui-ci, ce film mince ou cette couche mince, constituant la couche utile (52) subissant ensuite les étapes de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D) et de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche utile (52) est constituée d'un semi-conducteur.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le semi-conducteur est du silicium.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en que l'atmosphère réductrice comprend de l'hydrogène.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en que l'atmosphère réductrice comprend de l'argon.

14. Substrat pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile (52) sur au moins une de ses faces, ce substrat (50) ayant été obtenu après une étape de polissage mécano-chimique (200, 200A, 200B, 200C, 200D) sur la surface libre (54) de la couche utile (52), caractérisé en ce qu'il a subi en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D), avant l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

1 / 5

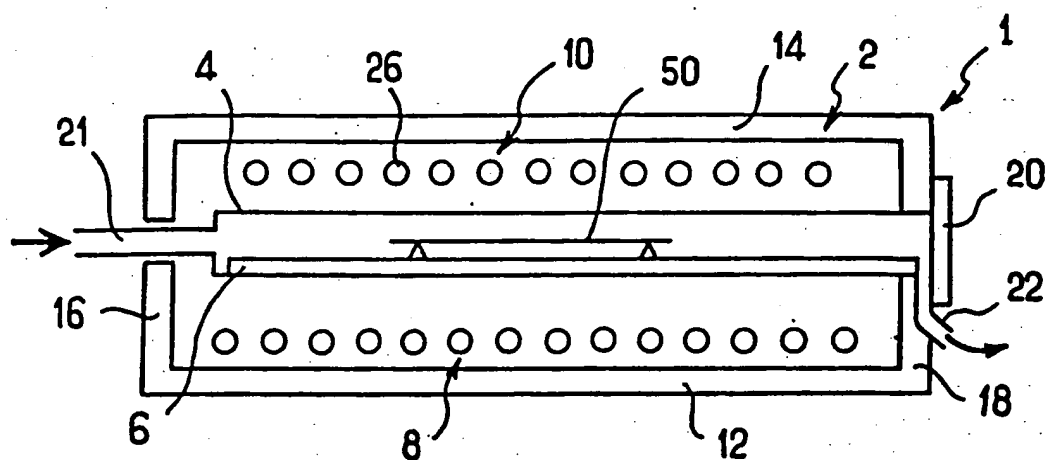


FIG. 1

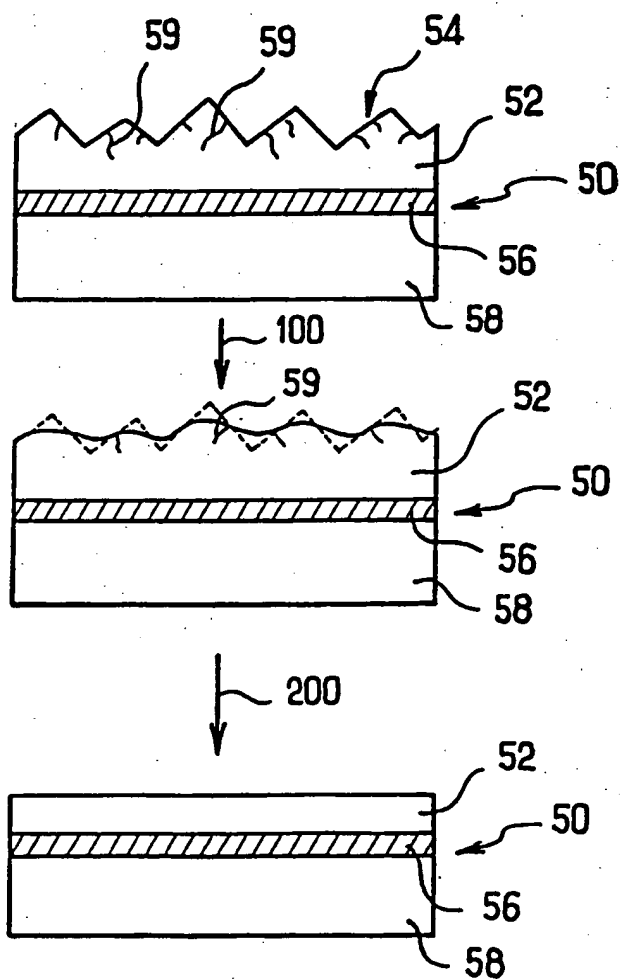


FIG. 2

2 / 5

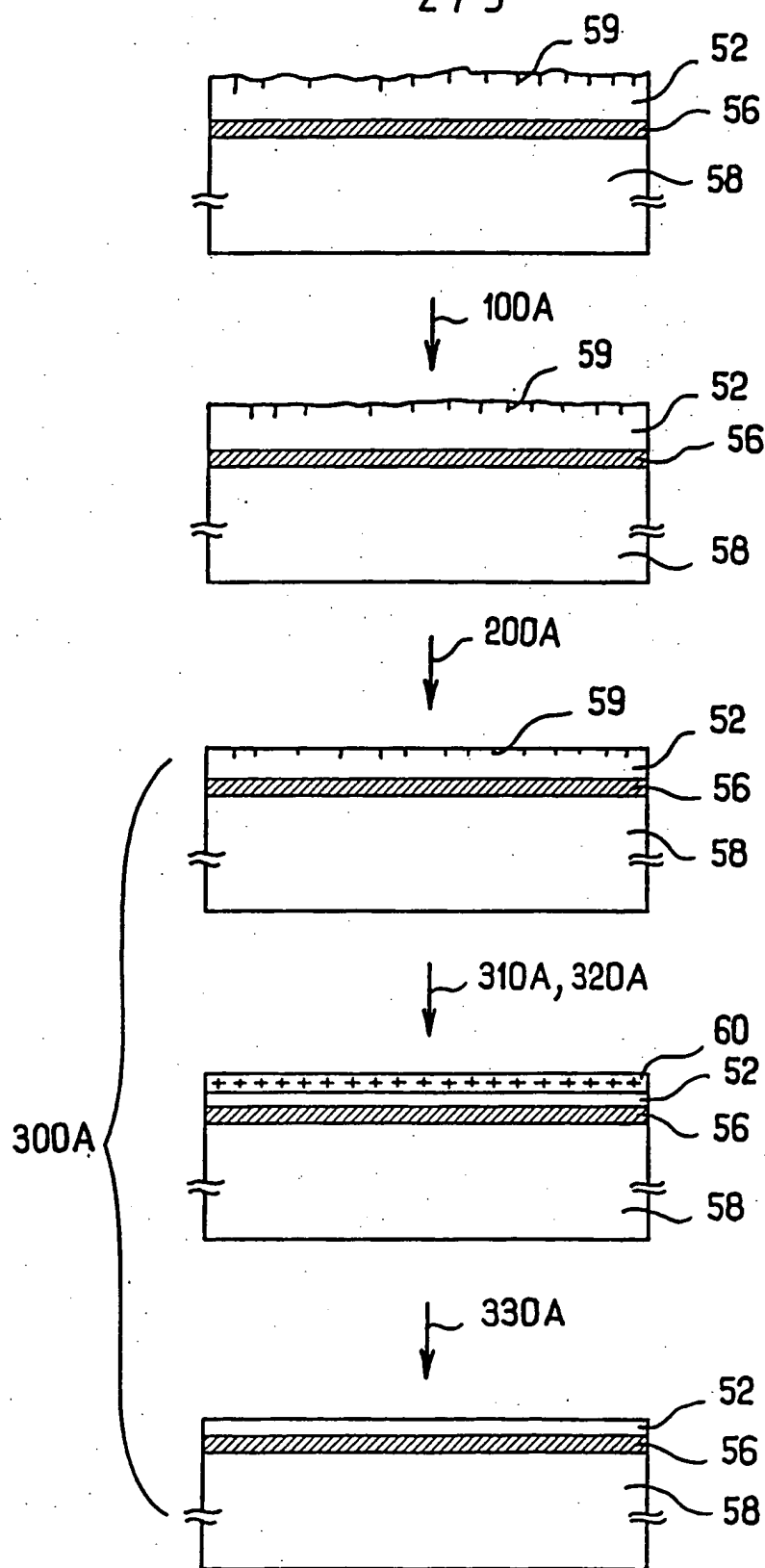
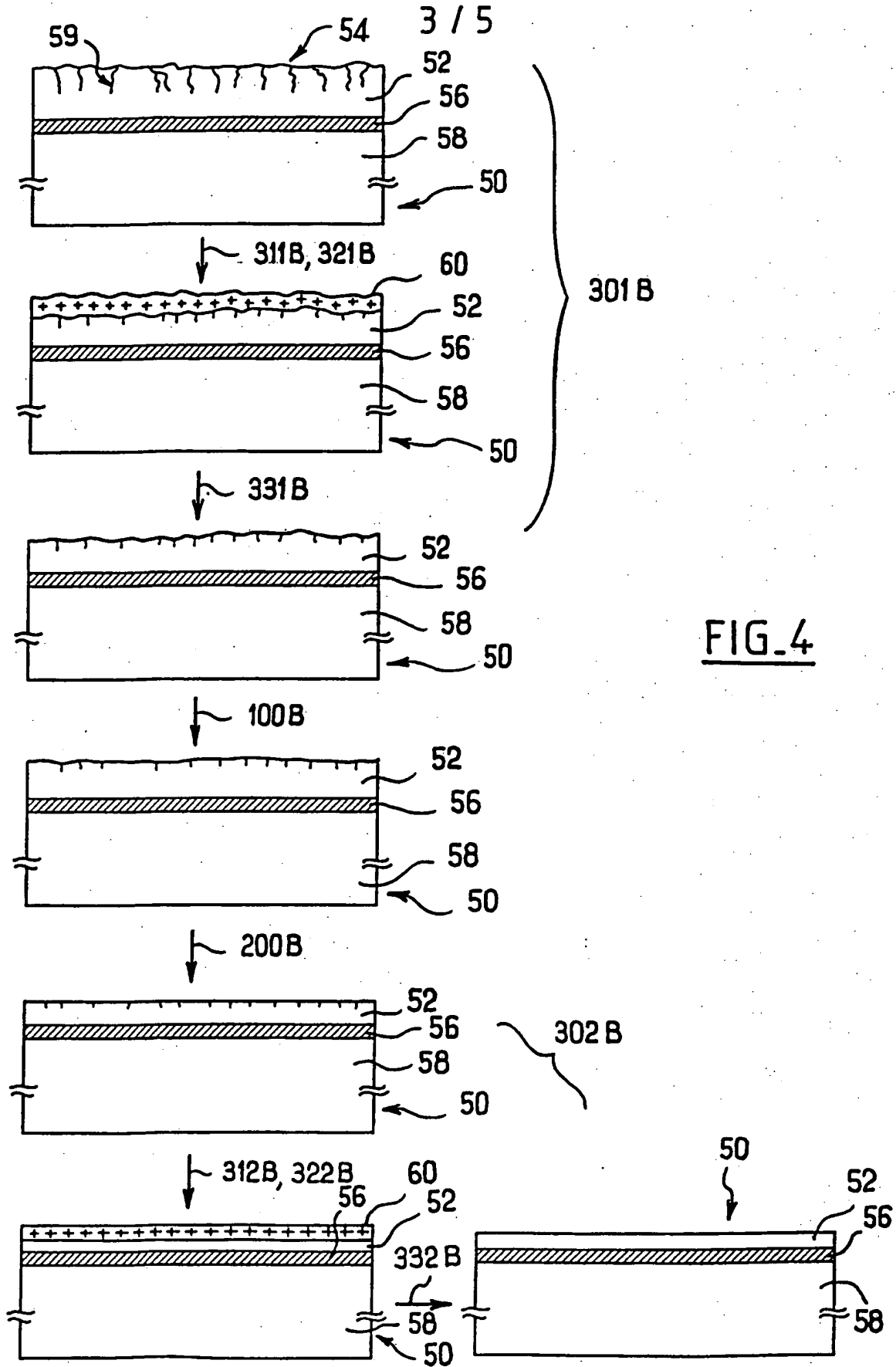
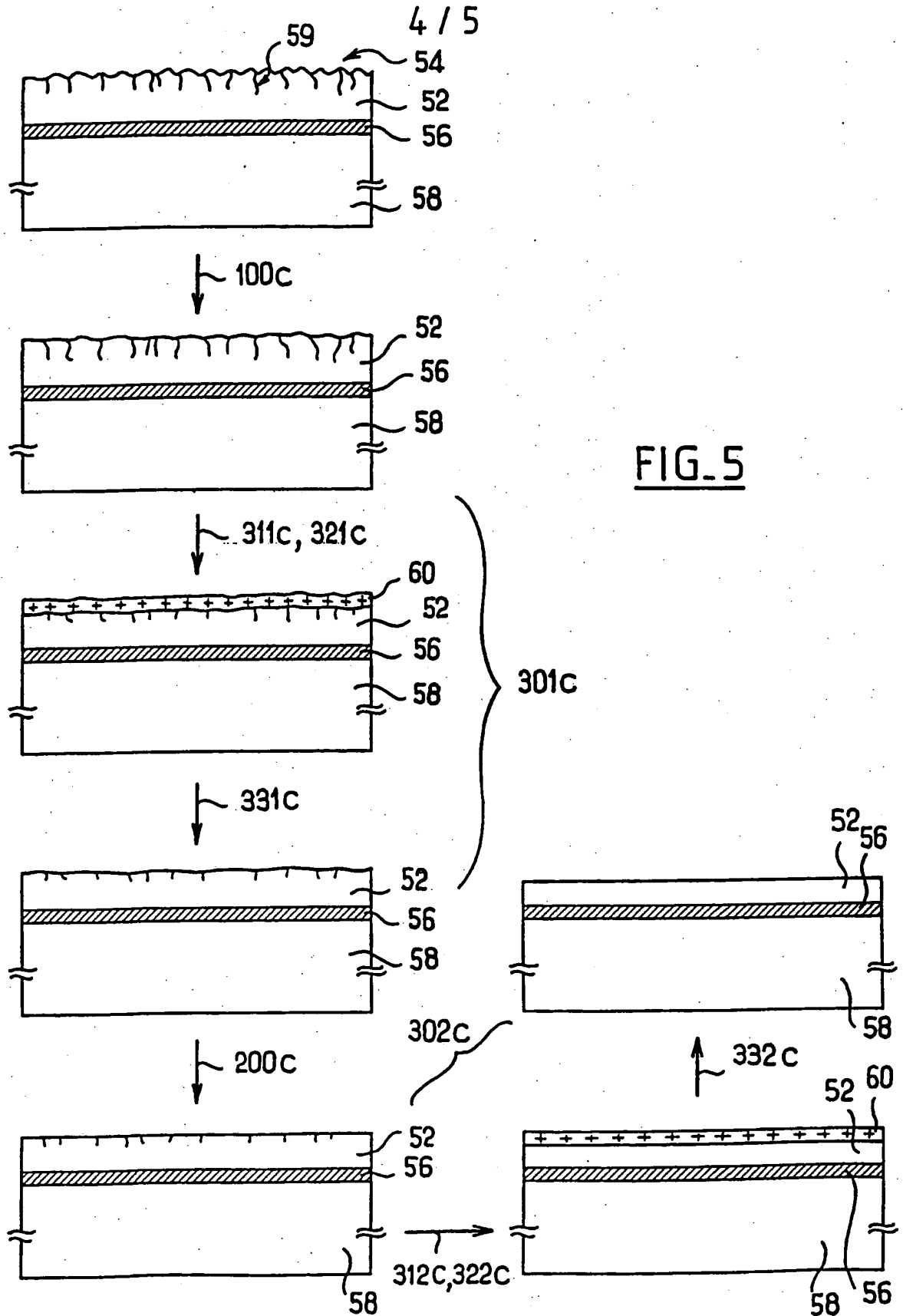
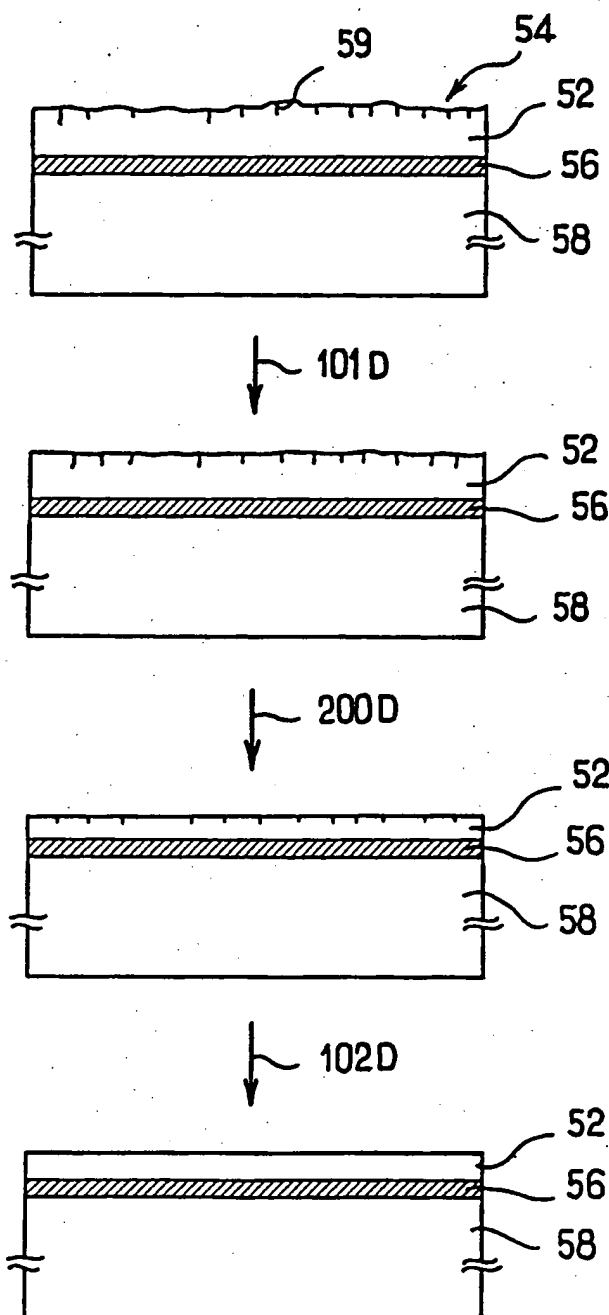


FIG. 3





5 / 5

FIG. 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 00/02330

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L21/324 H01L21/306 H01L21/762 H01L21/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	FR 2 777 115 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 October 1999 (1999-10-08) page 1, line 9 - line 29 page 3, line 19 - page 6, line 12 page 7, line 2 - line 11; figures 1A-1C page 8, line 21 - page 12, line 7; figures 4A-5D  -- -/-	1, 3-11, 13, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 December 2000

Date of mailing of the international search report

04/01/2001

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31.651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Klopfenstein, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interns d Application No

PCT/FR 00/02330

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MORICEAU H ET AL: "HYDROGEN ANNEALING TREATMENT USED TO OBTAIN HIGH QUALITY SOI SURFACES" ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE, US, NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 37-38, XP000830634 ISBN: 0-7803-4501-0 the whole document	1,3, 8-12,14
Y	-----	1-3,8
Y	EP 0 917 188 A (SHINETSU HANDOTAI KK) 19 May 1999 (1999-05-19) cited in the application column 1, line 7 - line 25 column 3, line 26 - line 46 column 4, line 43 - column 5, line 21	1-3
A	-----	8,10-14
Y	FR 2 761 526 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 October 1998 (1998-10-02) cited in the application page 1, line 3 - line 22 page 2, line 10 - line 31 page 4, line 2 - page 5, line 22; figures 1A-1F	1,8
A	-----	2,9-12
A	EP 0 917 193 A (NIPPON ELECTRIC CO) 19 May 1999 (1999-05-19) column 4, line 7 - line 54; figures 2A-2E	1-3,9-12
A	-----	1,3, 10-12,14
A	SATO N ET AL: "Hydrogen annealed silicon-on-insulator" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, vol. 65, no. 15, 10 October 1994 (1994-10-10), pages 1924-1926-1926, XP002101679 ISSN: 0003-6951 page 1924 page 1925, right-hand column - page 1926	
A	-----	1,3, 10-12,14
	W.P. MASZARA ET AL.: "Quality of SOI film after surface smoothing with hydrogen annealing, touch polishing." PROCEEDINGS OF THE 1997 IEEE INTERNATIONAL SOI CONFERENCE, October 1997 (1997-10), pages 130-131, XP000801874 NEW YORK the whole document	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/02330

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2777115	A	08-10-1999	EP 0986826 A WO 9952145 A	22-03-2000 14-10-1999
EP 0917188	A	19-05-1999	JP 11145020 A	28-05-1999
FR 2761526	A	02-10-1998	JP 10275905 A DE 19753494 A FR 2762136 A	13-10-1998 01-10-1998 16-10-1998
EP 0917193	A	19-05-1999	JP 2998724 B JP 11145436 A	11-01-2000 28-05-1999

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 00/02330

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 H01L21/324 H01L21/306 H01L21/762 H01L21/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
P, X	FR 2 777 115 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 octobre 1999 (1999-10-08) page 1, ligne 9 - ligne 29 page 3, ligne 19 - page 6, ligne 12 page 7, ligne 2 - ligne 11; figures 1A-1C page 8, ligne 21 - page 12, ligne 7; figures 4A-5D  — -/--	1,3-11, 13,14

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

21 décembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/01/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Klopfenstein, P

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demar internationale No

PCT/FR 00/02330

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	MORICEAU H ET AL: "HYDROGEN ANNEALING TREATMENT USED TO OBTAIN HIGH QUALITY SOI SURFACES" ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE, US, NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 37-38, XP000830634 ISBN: 0-7803-4501-0 le document en entier	1,3, 8-12,14
Y		1-3,8
Y	EP 0 917 188 A (SHINETSU HANDOTAI KK) 19 mai 1999 (1999-05-19) cité dans la demande colonne 1, ligne 7 - ligne 25 colonne 3, ligne 26 - ligne 46 colonne 4, ligne 43 -colonne 5, ligne 21	1-3
A		8,10-14
Y	FR 2 761 526 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 octobre 1998 (1998-10-02) cité dans la demande page 1, ligne 3 - ligne 22 page 2, ligne 10 - ligne 31 page 4, ligne 2 -page 5, ligne 22; figures 1A-1F	1,8
A		2,9-12
A	EP 0 917 193 A (NIPPON ELECTRIC CO) 19 mai 1999 (1999-05-19) colonne 4, ligne 7 - ligne 54; figures 2A-2E	1-3,9-12
A	SATO N ET AL: "Hydrogen annealed silicon-on-insulator" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, vol. 65, no. 15, 10 octobre 1994 (1994-10-10), pages 1924-1926-1926, XP002101679 ISSN: 0003-6951 page 1924 page 1925, colonne de droite -page 1926	1,3, 10-12,14
A	W.P. MASZARA ET AL.: "Quality of SOI film after surface smoothing with hydrogen annealing, touch polishing." PROCEEDINGS OF THE 1997 IEEE INTERNATIONAL SOI CONFERENCE, octobre 1997 (1997-10), pages 130-131, XP000801874 NEW YORK le document en entier	1,3, 10-12,14

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demar internationale No

PCT/FR 00/02330

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2777115 A	08-10-1999	EP 0986826 A WO 9952145 A	22-03-2000 14-10-1999
EP 0917188 A	19-05-1999	JP 11145020 A	28-05-1999
FR 2761526 A	02-10-1998	JP 10275905 A DE 19753494 A FR 2762136 A	13-10-1998 01-10-1998 16-10-1998
EP 0917193 A	19-05-1999	JP 2998724 B JP 11145436 A	11-01-2000 28-05-1999

cristallins, sont stabilisées par des oxydes dont l'épaisseur est de l'ordre de quelques dizaines d'angströms au maximum. Ces défauts « COPs » apparaissent en particulier dans le silicium CZ.

5 Selon un autre aspect, l'invention est un substrat pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile sur au moins une de ses faces, ce substrat ayant été obtenu après une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre de la couche utile, caractérisé en ce qu'il a subi en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice, avant l'étape de polissage.

10 D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit. L'invention sera aussi mieux comprise à l'aide des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement, en coupe longitudinale, un exemple de chambre pour effectuer chaque étape de recuit en atmosphère  
15 hydrogénée, du procédé selon l'invention ;

- la figure 2 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par le procédé conforme à la présente invention ;

20 - la figure 3 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par une variante du procédé conforme à la présente invention ;

- la figure 4 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par une autre variante du procédé conforme à la présente invention ;

25 - la figure 5 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par encore une autre variante du procédé conforme à la présente invention ; et

30 - la figure 6 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par encore une autre variante du procédé conforme à la présente invention.